



МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **136665** (13) **U**
(51) МПК
G01B 11/16 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2019 02798	(72) Винахідник(и): Левтеров Андрій Іванович (UA)
(22) Дата подання заявки: 21.03.2019	(73) Власник(и): ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Петровського, 25, м. Харків, 61002 (UA), Левтеров Андрій Іванович, пр. Перемоги, 54-а, кв. 41, м. Харків, 61202 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 27.08.2019	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 27.08.2019, Бюл.№ 16	

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ДЕФОРМАЦІЙ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ МОСТІВ

(57) Реферат:

Пристрій для вимірювання деформацій елементів конструкцій великих розмірів, зокрема мостів, містить послідовно зв'язані перший лазер, перший оптичний коліматор, перший вузол розгортки лазерного променя, блок комутації, блок обробки і реєстрації та n фотоприймачів, які являють собою n послідовно розташованих датчиків деформації, що знаходяться на опорах, жорстко закріплених на конструкції, що деформується. Перший і n-ий фотоприймачі, лазер, з'єднаний через оптичний коліматор з вузлом розгортки лазерного променя, винесені за межі конструкції, що деформується. Всі n фотоприймачів знаходяться на одній висоті над поверхнею конструкції, що деформується, а лазер, коліматор і вузол розгортки знаходяться на протилежному боці конструкції на тій же висоті напроти фотоприймачів. Блок комутації з'єднаний з блоком обробки і реєстрації. Додатково пристрій оснащений другим лазером, другим оптичним коліматором та другим вузлом розгортки лазерного променя, розташованими на опорі, що винесена за межі конструкції на протилежному кінці елемента конструкції. причому чутливі поверхні 1, 2,..., i-1 фотоприймачів повернуті у напрямку лазерного променя, що розгортається першим вузлом розгортки, а i+1, i+2,..., n фотоприймачі повернуті у напрямку лазерного променя, що розгортається другим вузлом розгортки.

UA 136665 U

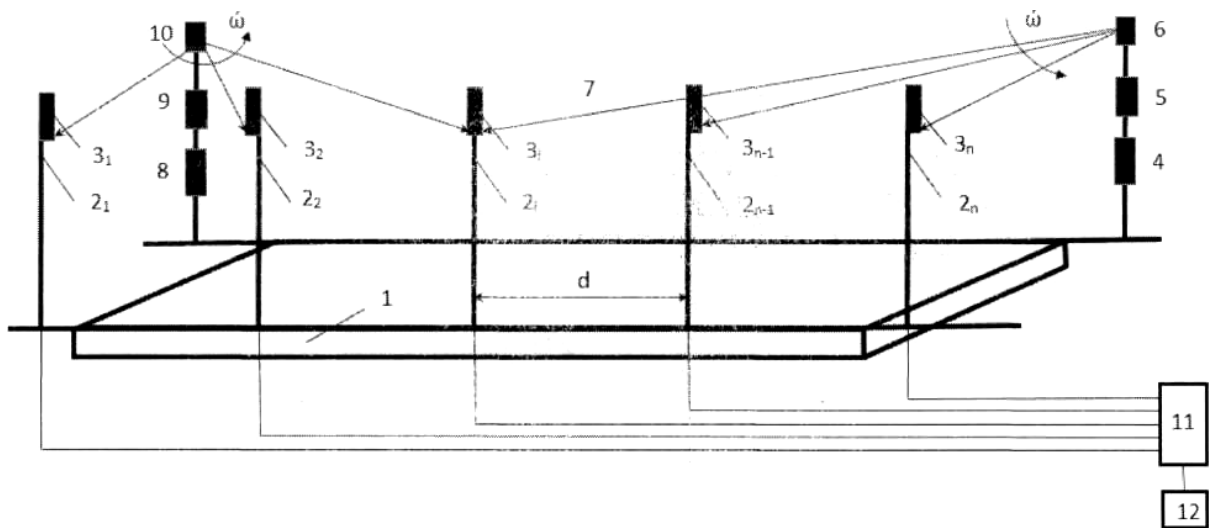


Fig. 1

Корисна модель належить до вимірювання деформацій елементів конструкцій великих розмірів, наприклад мостів, оптичними методами.

Для контролю та прогнозування стану мостової споруди з застосуванням автоматизованої системи моніторингу деформацій (АСДМ) широке розповсюдження набули оптичні методи вимірювання деформації. Так, наприклад, у пристрої для вимірювання деформації, що містить n послідовно розташованих датчиків деформації, жорстко закріплених на конструкції, що деформується, кожен з яких містить напівпрозоре дзеркало, хрестоподібну марку та джерело світла, приймач світла, вузол фокусування, вузол розгортки світла, блок комутації та реєстратор, причому розташовані послідовно уздовж оптичної осі між приймачем світла і напівпрозорими дзеркалами n хрестоподібних марок, розташовані уздовж оптичної осі кожного датчика, перпендикулярної основній оптичній осі між напівпрозорим дзеркалом і джерелом світла, блок комутації, вхід якого з'єднаний з приймачем світла, а його вихід з'єднаний з вузлом фокусування, n джерелами світла і реєстратором, що містить вимірювальну схему і обчислювальний блок [1].

Недоліком цього пристрою є недостатня точність та недостатні функціональні можливості і практична непрацездатність пристрою у сонячні дні, тому що приймачу світла важко відрізнити промінь світла, що застосовується у пристрої, від променя сонця, тим паче, що джерело світла у аналога ще й проходить через напівпрозоре дзеркало. Посилаючись у аналогу на відмову від лазерного променя, де не використовується промінь певної довжини хвилі і легко за допомогою відповідного фільтра відсікається весь спектр сонячного світла, крім променя певної довжини хвилі, автори значно обмежують функціональні можливості аналога.

Відомий пристрій, який містить джерело світла у вигляді вузько спрямованих світлових імпульсів, фотоприймач, виконаний у вигляді матриці фотоелементів з кількістю строк і стовпців, рівною $2N+1$, де $N=1, 2, \dots, i$, блок обробки і реєстрації, з'єднаний з фотоприймачем, генератор імпульсів, з'єднаний з джерелом світла, блок затримки, вхід якого з'єднаний з генератором імпульсів, а його вихід - з блоком обробки і реєстрації. Джерело світла і фотоприймач закріплені на конструкції, що деформується [2].

Недоліком цього пристрою є те, що контроль деформації виконується в одній точці конструкції, що обмежує область застосування цього пристрою. Якщо потрібно здійснити контроль конструкції великих розмірів, наприклад мостів, то потрібна певна кількість матричних фотоприймачів та джерел світла у вигляді вузько спрямованих світлових імпульсів, для чого необхідно використовувати декілька аналогічних пристроїв, що значно ускладнює конструкцію.

Найбільш близьким аналогом є пристрій, який містить послідовно зв'язані перший лазер, перший оптичний коліматор, перший вузол розгортки лазерного променя, блок комутації, блок обробки і реєстрації та n фотоприймачів, які являють собою n послідовно розташованих датчиків деформації, що знаходяться на опорах, розташованих на деякій певній рівній відстані одна від одної по горизонталі впродовж конструкції, жорстко закріплених на конструкції, що деформується, причому перший і n -ий фотоприймачі, лазер, з'єднаний через оптичний коліматор з вузлом розгортки лазерного променя, винесені за межі конструкції, що деформується, всі n фотоприймачів знаходяться на одній висоті над поверхнею конструкції, що деформується, а лазер, коліматор і вузол розгортки знаходяться на протилежному боці конструкції на тій же висоті від горизонтальної поверхні конструкції напроти фотоприймачів, причому вузол розгортки здійснює розгортку лазерного променя у горизонтальній площині по поверхні датчиків деформації, а блок комутації з'єднаний з блоком обробки і реєстрації [3].

Недоліком цього пристрою є недостатня функціональна можливість у зв'язку з тим, що для вимірювання деформацій елементів конструкцій великих розмірів кількість фотоприймачів обмежена, тому що при великій кількості фотоприймачів їхні чутливі поверхні будуть перекривати одна одну при достатньо великих розмірах елементів конструкцій мостів, а при обмеженій кількості фотоприймачів постраждає точність виміру деформації.

В основу корисної моделі поставлена задача розробки пристрою для вимірювання деформацій елементів конструкцій великих розмірів підвищеної точності з підвищеними функціональними можливостями.

Поставлена задача вирішується тим, що відомий пристрій, який містить послідовно зв'язані перший лазер, перший оптичний коліматор, перший вузол розгортки лазерного променя, блок комутації, блок обробки і реєстрації та n фотоприймачів, які являють собою n послідовно розташованих датчиків деформації, що знаходяться на опорах, розташованих на деякій певній рівній відстані одна від одної по горизонталі впродовж конструкції, жорстко закріплених на конструкції, що деформується, причому перший і n -ий фотоприймачі, лазер, з'єднаний через оптичний коліматор з вузлом розгортки лазерного променя, винесені за межі конструкції, що деформується, всі n фотоприймачів знаходяться на одній висоті над поверхнею конструкції, що

деформується, а лазер, коліматор і вузол розгортки знаходяться на протилежному боці конструкції на тій же висоті від горизонтальної поверхні конструкції напроти фотоприймачів, причому вузол розгортки здійснює розгортку лазерного променя у горизонтальній площині по поверхні датчиків деформації, а блок комутації з'єднаний з блоком обробки і реєстрації, згідно з корисною моделлю, додатково оснащений другим лазером, другим оптичним коліматором та другим вузлом розгортки лазерного променя, розташованими на опорі, що винесена за межі конструкції на протилежному кінці елемента конструкції, причому чутливі поверхні 1, 2, ..., i-1 фотоприймачів повернуті у напрямку лазерного променя, що розгортається першим вузлом розгортки, а i+1, i+2, ..., n фотоприймачі повернуті у напрямку лазерного променя, що розгортається другим вузлом розгортки, причому i-ий фотоприймач виконаний з двосекційною чутливою поверхнею, одна секція якого повернута у напрямку лазерного променя, що розгортається першим вузлом розгортки, а друга секція повернута у напрямку лазерного променя, що розгортається другим вузлом розгортки.

На Фіг. 1 представлений загальний вигляд пристрою і положення фотоприймачів на конструкції без деформації.

На Фіг. 2 представлений загальний вигляд пристрою і положення фотоприймачів на конструкції з деформацією.

На Фіг. 3 представлена конструкція фотоприймача з k елементами.

На Фіг. 4 представлена конструкція двосекційного i-того фотоприймача з k елементами.

На Фіг. 5 представлена конструкція двосекційного i-того фотоприймача (вигляд зверху).

На Фіг. 6 представлений оббіг лазерним променем i-того елемента фотоприймача 3_m до деформації конструкції.

На Фіг. 7 представлений оббіг лазерним променем j-того елемента фотоприймача 3_m після деформації конструкції.

Працює пристрій наступним чином. Для виміру деформації конструкції великих розмірів застосовуються n фотоприймачів $3_i, \dots, 3_n$, що являють собою n послідовно розташованих датчиків деформації, які знаходяться на опорах $2_1, \dots, 2_n$, жорстко закріплених на конструкції, розташованих на деякій певній рівній відстані d один від одного по горизонталі впродовж конструкції 1 (Фіг. 1 та Фіг. 2) і на одній висоті від горизонтальної поверхні конструкції (Фіг. 5 та Фіг. 6). При цьому фотоприймачі $3_i, \dots, 3_n$, винесені за межі конструкції. Крім цього за межі конструкції винесені перший лазер 4 і другий лазер 8, перший оптичний коліматор 5 і другий оптичний коліматор 9, перший вузол 6 розгортки і другий вузол 10 розгортки лазерного променя 7, які розташовуються на опорах на такій же висоті, як і фотоприймачі, але на протилежному боці конструкції напроти датчиків деформації, чутлива поверхня яких виконана у вигляді багатoelementного фотоприймача певної довжини елемента l, причому кожний фотоприймач має однакову кількість k елементів (Фіг. 3), причому чутлива поверхня з першого до i-1-го фотоприймача орієнтовані на перший вузол розгортки лазерного променя, а чутлива поверхня з i+1-го до n-го фотоприймача орієнтовані, відповідно, на другий вузол розгортки лазерного променя (Фіг. 1 та Фіг. 2), а i-тий багатoelementний фотоприймач виконаний двосекційним з k елементами (Фіг. 4), секції якого розташовані під кутом γ (Фіг. 5) одна до одної, який міняється залежно від орієнтації відповідної секції на відповідний вузол розгортки. У пристрої застосовується лазер з безперервним випромінюванням променя певної довжини хвилі. Послідовно з відповідним лазером розташовується відповідний оптичний коліматор, який складається з об'єктива, у фокальній площині якого розміщується вихід лазерного променя 7. Оптичні коліматори 5 і 9 забезпечують паралельність лазерного променя і тому, за рахунок, практично, нульової розбіжності, вся енергія лазерного променя буде зосереджена на чутливій поверхні кожного багатoelementного фотоприймача. Кожний елемент фотоприймача виконаний із певного матеріалу, що без особливих перешкод пропускає лазерний промінь 7. Всі n фотоприймачів, що складаються із k елементів, містять фотодіоди, перед якими розташовуються чутлива поверхня і оптичний фільтр, що пропускає промінь тільки певної довжини хвилі лазера. Всі елементи фотоприймача розміщуються у герметичному корпусі. Вузли розгортки 6 та 10 являють собою двигун, на валу якого розташовується дзеркало або призма із дзеркальною гранню, що знаходяться під кутом 45° до лазерного променя, або крутий оптичний клин, за рахунок чого промінь лазера розгортається у горизонтальній площині. При цьому розгортка лазерного променя одного з вузлів розгортки відстає на якийсь кут, щоб не було перегину лазерних променів.

Оптичний сигнал, що розгортається, з першого і другого вузлів розгортки 6 і 10 послідовно пробігає по чутливій поверхні елемента з відповідним однаковим номером i кожного $3_i, \dots, 3_n$ фотоприймача (Фіг. 6, Фіг. 7). Електричний сигнал з фотодіода надходить на підсилювач

електричного сигналу фотоприймача, який, після підсилення, надходить на блок комутації 11 (Фіг. 1 та Фіг. 2).

Якщо конструкція буде деформована (пунктирна лінія 13 на Фіг. 2 та Фіг. 4), то фотоприймачі $3_2, \dots, 3_{n-1}$ змінять своє положення відносно лазерного променя, що розгортається, і лазерний промінь 7 буде обігати інший за номером (наприклад j) елемент відповідного фотоприймача, а на фотоприймачах $3_1, 3_n$ номер елемента не поміняється. Підсилені електричні сигнали з відповідних елементів фотоприймачів $3_1, \dots, 3_n$ надходять через блок 8 комутації до блока 12 обробки і реєстрації. Різниця між номером і елемента фотоприймача 3_1 або 3_n і номером елемента відповідного фотоприймача, що знаходиться на деформованій поверхні конструкції, помножена на певну довжину елемента, дасть величину деформації тієї ділянки конструкції, на якій знаходиться відповідний фотоприймач:

$$\Delta l_m = (j-i) \cdot l$$

де Δl_m - величина деформації під m -им фотоприймачем,

i - номер елемента фотоприймача 3_m до деформації (номер елемента фотоприймача 3_1 або 3_n),

j - номер елемента фотоприймача 3_m після деформації,

l - довжина елемента фотоприймача.

При цьому сигнали з відповідних секцій двосекційного фотоприймача повинні співпадати, це буде свідчити про достовірність та точність вимірювання пристроєм деформації.

Пристрій може бути застосований в автоматизованій системі моніторингу деформацій (АСДМ) мостових конструкцій, інших елементів конструкцій великих розмірів, що дозволить оперативно контролювати їхній стан, зміщення і прогини, що виникають в результаті впливу зовнішніх природно-кліматичних впливів, а також інтенсивного транспортного навантаження.

Джерела інформації:

1. А. с. № 1216642 СРСР МПК G01B 16/11. Устройство для определения деформаций конструкции // Богатыренко К.И., Денисенко О.В. - 3728163/25-28. Заявл. 18.04.1984; опубл. 07.03.1986, бюл. № 9.

2. А. с. № 1441193 СРСР МПК G01B 11/16. Устройство для определения деформаций образца // В.Н. Гавриков, А.В. Бабенко, О.А. Фуженко. - 42444991/25-28. Заявл. 14.05.87; опубл. 30.11.88, бюл. № 44.

3. Деклараційний патент на корисну модель № 132878 Україна МПК G01B 11/16 (2006.01), Пристрій для вимірювання деформацій елементів конструкцій великих розмірів // Левтеров А.І. - Заявл. 29.10.18, опубл. 11.03.19, бюл. № 5.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Пристрій для вимірювання деформацій елементів конструкцій великих розмірів, зокрема мостів, що містить послідовно зв'язані перший лазер, перший оптичний коліматор, перший вузол розгортки лазерного променя, блок комутації, блок обробки і реєстрації та n фотоприймачів, які являють собою n послідовно розташованих датчиків деформації, що знаходяться на опорах, розташованих на деякій певній рівній відстані один від одного по горизонталі впродовж конструкції, жорстко закріплених на конструкції, що деформується, причому перший і n -ий фотоприймачі, лазер, з'єднаний через оптичний коліматор з вузлом розгортки лазерного променя, винесені за межі конструкції, що деформується, всі n фотоприймачів знаходяться на одній висоті над поверхнею конструкції, що деформується, а лазер, коліматор і вузол розгортки знаходяться на протилежному боці конструкції на тій же висоті від горизонтальної поверхні конструкції напроти фотоприймачів, причому вузол розгортки здійснює розгортку лазерного променя у горизонтальній площині по поверхні датчиків деформації, а блок комутації з'єднаний з блоком обробки і реєстрації, який **відрізняється** тим, що він додатково оснащений другим лазером, другим оптичним коліматором та другим вузлом розгортки лазерного променя, розташованими на опорі, що винесена за межі конструкції на протилежному кінці елемента конструкції, причому чутливі поверхні $1, 2, \dots, i-1$ фотоприймачів повернуті у напрямку лазерного променя, що розгортається першим вузлом розгортки, а $i+1, i+2, \dots, n$ фотоприймачі повернуті у напрямку лазерного променя, що розгортається другим вузлом розгортки, причому i -ий фотоприймач виконаний з двосекційною чутливою поверхнею, одна секція якого повернута у напрямку лазерного променя, що розгортається першим вузлом розгортки, а друга секція повернута у напрямку лазерного променя, що розгортається другим вузлом розгортки.

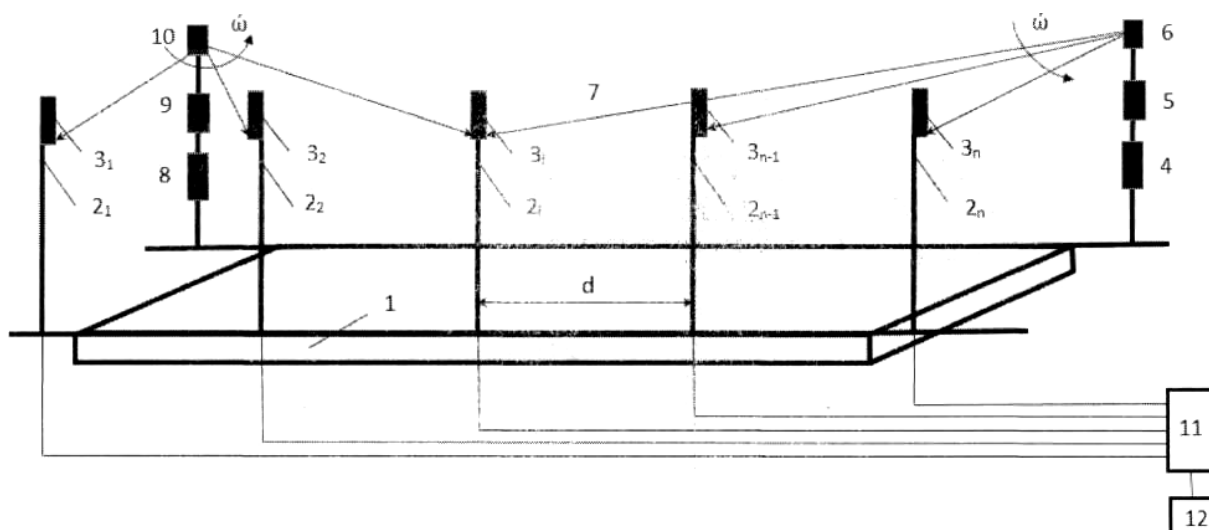


Fig. 1

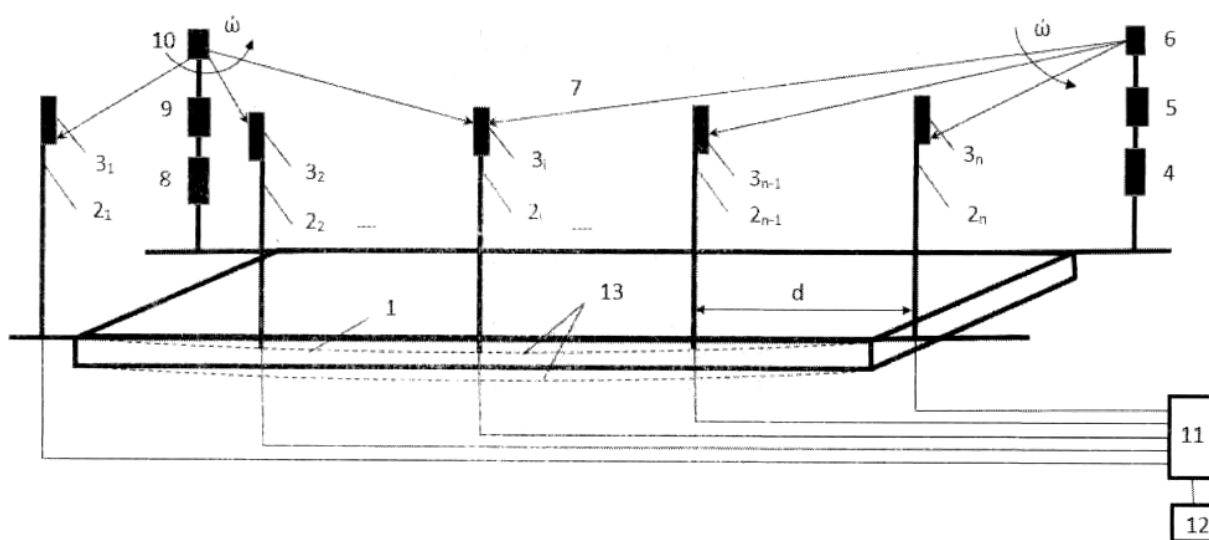
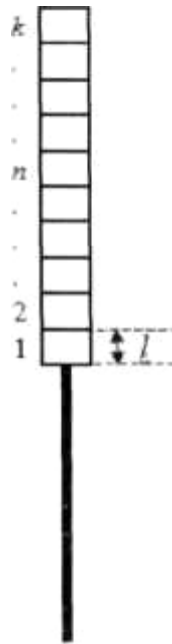
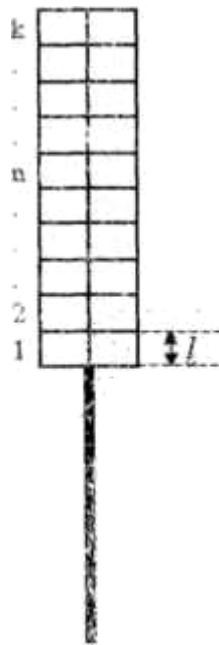


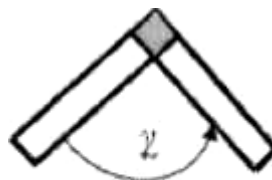
Fig. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5

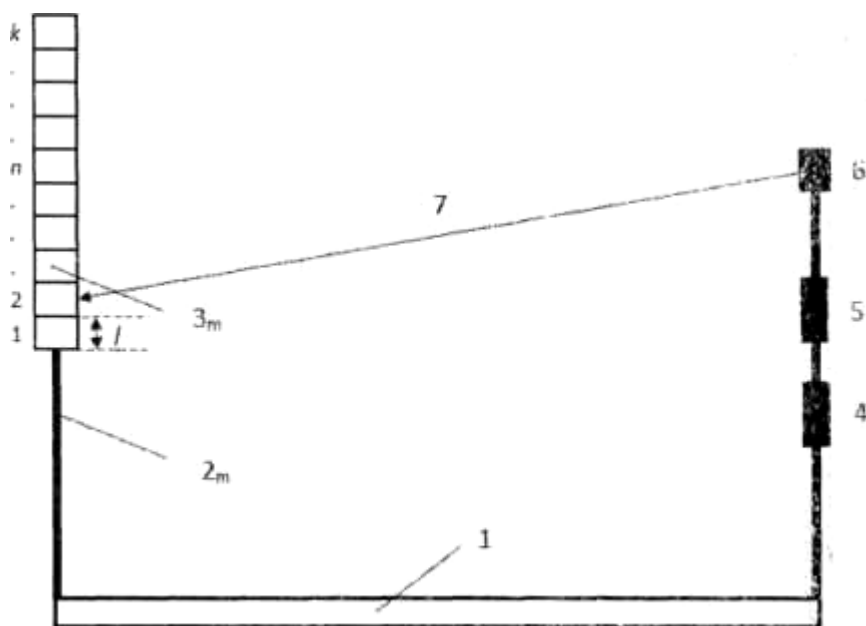


Fig. 6

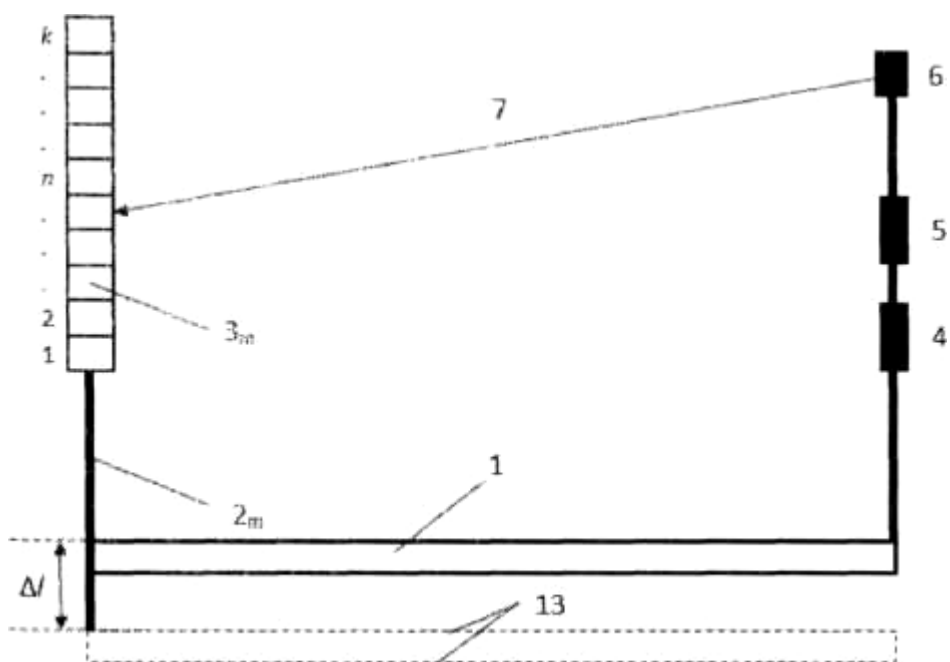


Fig. 7

Комп'ютерна верстка О. Гергіль

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601